

УДК 620

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАЗОВОГО СДВИГА ЗАШУМЛЕННЫХ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ РАДИОИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ

Богдан Г. А., Баженов В. Г.

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Киев, Украина

E-mail: bogdangalya@gmail.com

На сегодняшний день в различных областях промышленности нашли широкое применение порошковые конструкционные материалы. Очевидно, что для обеспечения надежной работы узлов и деталей, изготовленных из этих материалов, первостепенной задачей является разработка систем неразрушающего контроля, которые позволяют оценить их эксплуатационные характеристики, как на стадии изготовления, так и в процессе работы изделия. Анализ существующих методов позволяет сделать вывод, что наиболее эффективно использовать системы, использующие акустический метод контроля [1]. Одним из основных информационных параметров является скорость распространения акустической волны.

При этом, необходимо учитывать, что акустические измерения относятся к косвенным и позволяют непосредственно измерять только время прохождения акустической волны в объекте контроля (ОК), а вычисление скорости распространения акустической волны происходит по известным зависимостям. Таким образом, для обеспечения точности и достоверности полученных данных необходимо существенно повышать точность измерения времени прохождения акустической волны в ОК. Производить измерения временного интервала с заданной точностью позволяют фазовые методы, при этом сигналы с фазовой информацией в таких системах должны обрабатываться с высокой скоростью и точностью в широком динамическом и частотном диапазоне.

В данном докладе рассмотрена помехоустойчивая измерительная акустическая система, позволяющая определять время распространения ультразвуковой волн с высокой точностью. Для реализации данной цели предлагается исследовать возможность применения фазового метода измерения временного интервала, а именно дискретного ортогонального метода.

Суть рассматриваемого дискретного ортогонального метода и пример частичной реализации описан в работах [2, 3]. В настоящей работе рассматривается его дальнейшее развитие и возможности применения при работе с высокочастотными зашумленными радиоимпульсными сигналами. Известно, что ортогональные методы измерения обладают максимальной помехоустойчивостью и позволяют обнаруживать сигналы при соотношении сиг/шум меньше 1. Для оценки работоспособности дискретного ортогонального

метода определения фазового сдвига при наличии аддитивных шумовых составляющих в измерительных сигналах было проведено моделирование в системе Matlab. В качестве модели помехи использовался гауссовский шум с нулевым математическим ожиданием и дисперсией σ^2 . Моделирование проводилось для сигналов частотой 5 МГц, частота дискретизации АЦП 100 МГц, а его разрядность 12. Количество выборок на период выбиралось кратной частоте дискретизации АЦП. Для повышения точности и достоверности полученных результатов проводилась статистическая обработка 50 измерений. Соотношение сигнал-помеха варьировалось от 1 до 20 с шагом 5.

Полученные результаты моделирования для крайних значений фазового сдвига (10° и 90°), а именно зависимость относительной погрешности измерения фазового времени распространения сигнала от величины соотношения сигнал/шум, показали, что 3 дискретный ортогональный метод измерения ФС высокочастотных сигналов позволяет производить измерение фазового времени распространения сигнала с погрешностью менее 1 % при соотношении сигнал/шум равном 10 без использования специальных алгоритмов обработки полученных сигналов.

Для проверки адекватности используемой модели при компьютерном моделировании были проведены экспериментальные исследования. Задача этих исследований состояла в определении точность измерения ФС между высокочастотными радиоимпульсными сигналами при наличии помех. Сигналы для исследований формировались с помощью двухканального генератора сигналов прямого цифрового синтеза (DDS) MHS-5200A. Генератор формировал два сигнала одинаковой частоты: один сигнал не имел помех, а ко второму сигналу искусственно добавлялась помеха аддитивного характера. Соотношение сигнал/шум изменялось от 1 до 20. Фазовый сдвиг между сигналами варьировался от 10° до 170° . Обработка полученных результатов производилась в ПК. Измерения проводились с использованием дискретного ортогонального метода определения фазового сдвига с 12-ти разрядным АЦП с частотой дискретизации 100 МГц. Экспериментальные исследования подтвердили результаты моделирования.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, фазовый сдвиг, моделирование.

Литература

- [1] Г. А. Богдан, А. Г. Протасов, «Застосування дискретного ортогонального методу вимірювання фази для визначення характеристик матеріалів ультразвуковим методом», *Наукові вісті НТУУ «КПІ». Серія Технічні науки*, Вип. 2, pp. 87-93, 2016.
- [2] В. Г. Баженов, Г. А. Богдан, М. В. Кравченко, «Цифровая система измерения фазовых сдвигов радиоимпульсных сигналов», *Международный научно-исследовательский журнал*, №4 (46), часть 2, pp 36-38, 2016.
- [3] G. Bogdan, V. Bazhenov, A. Protasov, «Development of discrete orthogonal method for determining the phase shift between high-frequency radio impulse signals», *IEEE Xplore 19.10.2017 (Microwaveaves, radar and remote sensing Symposium (MRRS) 29-31 Aug.2017.IEEE)*, pp.191-194, 2017.